

核技术利用建设项目

工业 X 射线室外探伤应用项目
环境影响报告表
(公示本)

建设单位：广西贵港焱焱船舶监理有限公司

环评单位：江西省核工业地质局测试研究中心

二〇二一年三月

环境保护部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称	工业 X 射线室外探伤应用项目				
建设单位	广西贵港焱焱船舶代理有限公司				
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址	广西桂平市长安工业集中区（广西焱焱机械有限公司内）				
项目建设地点	广西桂平市长安工业集中区（广西焱焱机械有限公司内）				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	***	项目环保投资（万元）	***	投资比例（环保投资/总投资）	***
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积（m ² ）	不征地
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他					

1.1 建设单位情况

广西贵港焱焱船舶代理有限公司成立于 2018 年 8 月 1 日，公司地址：广西桂平市长安工业集中区，地理位置见图 1-1。

公司主要从事船舶质量检验、船舶建造技术咨询、受托船舶建造监理等船舶相关业务，同时还接受船厂的无损检测服务。船舶建造、维修生产条件验收；船舶图纸设计及审图；船舶价值评估；船舶无损检测与测厚；航行安全与无线电类设备检测；消防系统与设备类检测；救生设备类检测；船舶噪声检测。

公司现有正式员工 21 人，其中，高级工程师 3 名，工程师 5 名，助理工程师 2 名，质检员/技术员 5 名，持证无损探测员 4 名，资料员 2 名。

公司管理层与时俱进,从现代管理入手,积极引进 2008 版 ISO9000 标准质量管理体系,规范公司质量管理行为,努力按照国际质量管理体系标准要求制定质量管理文件,贯彻公司“创新设计、品质优良、科学管理、持续改进、顾客满意”的质量方针,不懈地致力于产品研发,进一步扩大经营规模,竭诚为顾客提供一流的服务。把公司做大、做强。

1.2 项目建设规模

为了满足检测任务需求,本项目拟购置使用 2 台工业 X 射线探伤机用于开展现场(移动) X 射线无损检测工作。拟购置使用的 X 射线探伤机具体情况见表 1-1。

表1-1 公司拟购置使用的X射线探伤机情况一览表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	备注
1	X射线探伤机	II	2	XXG2505	250	5	定向

公司为首次使用工业 X 射线探伤,主要从事内河船钢结构 X 射线无损检测工作,探伤对象船体外壳板对接焊缝,探伤工件厚度为 6-14mm。公司拟进行 X 射线现场探伤的工作场所为广西境内(主要区域为桂平市和平南县),场所不固定。

本项目探伤机不使用时暂存于广西桂平市长安工业集中区(广西焱焱机械有限公司内)。公司拟在公司设置专用洗片室,现场探伤后胶片运回该洗片室洗片,本项目固定洗片室拟设置满足相关标准要求的废显(定)影液暂存间,废显(定)影液以及废胶片均交由有资质的单位回收处置。

1.3 本项目辐射工作人员及工作负荷情况

本项目拟购置 2 台 X 射线探伤机用于现场探伤。拟配备 6 名辐射工作人员,确保满足每台 X 射线机至少配备两名工作人员的要求。同一现场探伤作业场所仅有一个工作组作业,同一现场探伤作业场所作业时仅使用 1 台探伤机出束曝光。公司 X 射线探伤机现场探伤时间一般选择在晚上或凌晨。

由公司提供资料可知,每台年拍片量约为 3000 张,平均每次出束时间约 3min,则每台设备年出束时间为 150h。

本项目拟购置的 XXG-2505 型 X 射线探伤机与控制台之间的电缆线均为 25m,均设置有延时曝光功能、自动训机功能,延时曝光时间一般为 1min-5min,自动训机时间约为 5min。每台探伤机曝光时间与休息时间按 1:1 进行。

本项目所有辐射工作人员在进行现场探伤作业前均将参加生态环境部辐射安全与防护

培训平台的学习、培训和考核，确保做到持证上岗。同时，本项目辐射工作人员还需通过公司内部的辐射安全与防护培训，确保本项目的安全开展。

1.4 目的和任务的由来

1.4.1 目的

(1) 通过环境影响评价，分析建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据；

(2) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

(3) 给出明确的环评结论，为有关部门的辐射环境监督管理提供科学依据。

1.4.2 任务的由来

广西贵港焱焱船舶代理有限公司工业 X 射线探伤机应用项目，依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等规定，“生产、使用 II 类射线装置的”项目，应当编制环境影响评价报告表，办理辐射环境影响评价审批手续。为保护环境，保障公众健康，广西贵港焱焱船舶代理有限公司委托江西省核工业地质局测试研究中心对该广西贵港焱焱船舶代理有限公司工业 X 射线室外探伤应用项目进行辐射环境影响评价（委托书见附件 1）。

环评单位接受委托后，组织相关技术人员资料收集，在理论分析的基础上，按照国家有关建设项目辐射环境影响评价报告表的内容和格式，编制该广西贵港焱焱船舶代理有限公司工业 X 射线室外探伤应用项目辐射环境影响报告表。

1.5 项目周边保护目标以及场址选址

本项目 X 射线探伤机工作方式现场探伤，现场探伤作业场所在广西境内，无固定探伤工作场所。公司在实施现场探伤之前，应对工作环境进行全面的评估，评估内容应至少包括工作地点的选择、警戒的安全距离、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等，以保证探伤过程中的辐射安，确保进行现场探伤的选址合理可行。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
无	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
无	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置（本次环评内容）

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 X 射线探伤机	II	2	XXG-2505	250	5	无损检测	广西境内所承接项目探伤现场	定向

表 5 废弃物

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废显 (定) 影液	液态	/	/	/	150L	/	分类收集后 暂存于洗片 室的专用危 废暂存桶内	送有资质单 位处理

注：本项目使用的是射线装置，项目运行不会产生放射性废弃物。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第九号，于 2014 年 4 月 24 日修订，自 2015 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，自 2003 年 9 月 1 日起施行，根据 2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003 年发布，2003 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令 253 号发布；根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令，于 2005 年 9 月 14 日公布，自 2005 年 12 月 1 日起施行；国务院于 2014 年 7 月 29 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国令第 653 号）对本条例部分条款进行了修改；国务院于 2019 年 3 月 18 日发布《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国令第 709 号）对本条例部分条款进行了修改）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 31 号公布；根据 2008 年 11 月 21 日环境保护部 2008 年第二次部务会议通过的《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》修订；根据 2017 年 12 月 12 日环境保护部第五次部务会议通过的《环境保护部关于修改部分规章的决定》第二次修订；根据 2019 年 7 月 11 日由生态环境部部务会议审议通过的《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》第三次修订）；（2021 年 1 月 4 日生态环境部部令第 20 号）第四次修订；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令部令第 18 号，2011 年发布，2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>(8) 关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）；</p>
------------------	--

	<p>(9)《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021版),自2021年1月1日起施行;</p> <p>(10)《产业结构调整指导目录》(2019年修订,国家发展和改革委员会2019年第29号令)。</p> <p>(11)《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号,自2017年11月20日发布并施行);</p> <p>(12)《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》(生态环境部公告2018年第9号)。</p>
<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》,HJ 10.1-2016,环境保护部;</p> <p>(2)《核辐射环境质量评价一般规定》(GB1215-89);</p> <p>(3)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93);</p> <p>(4)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001);</p> <p>(5)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(6)《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015);</p> <p>(7)《职业性外照射个人剂量监测规范》(GBZ 128-2019);</p> <p>(8)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014);</p> <p>(9)《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)(2013年修订版);</p> <p>(10)《危险废物收集贮存运输技术规范》(HJ2025-20012)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>附件 1 环评委托书;</p> <p>附件 2 辐射安全与环境保护管理领导小组;</p> <p>附件 3 辐射事故应急预案。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目建设内容为使用 2 台定向 X 射线探伤机（均属于 II 类射线装置），在广西境内范围内的工业 X 射线现场探伤，探伤场所不固定。依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），考虑到该项目的实际情况，本项目评价范围为 X 射线探伤机现场探伤时的监督区边界外 50m 范围。

7.2 保护目标

本项目为工业 X 射线现场探伤，探伤地点不固定，本项目主要环境保护目标为公司辐射工作人员及现场探伤时监督区边界外 50m 范围内偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员。本项目的环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

环境保护对象		位置描述	规模	年剂量管理约束值要求
职业人员	探伤操作及探伤现场管理人员	探伤场所监督区	6 人	连续 5 年的年平均有效剂量 5mSv
众成员	路过或停留的其他非辐射工作人员	探伤场所监督区外区域	流动人口	年有效剂量 0.25mSv

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

该标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 款关于剂量限制的规定：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值，不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

该标准第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；本次评价从辐射防护最优化原则出发，使职业人员尽量避免不必要的附加剂量照射，取其

四分之一即 5mSv 作为职业人员的年剂量管理约束值。

该标准中第 B1.2 款关于公众照射剂量限值的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv；本评价取其四分之一即 0.25mSv 作为公众成员年剂量管理约束值。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置(以下简称 X 射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

3.1 设备技术要求

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；

3.1.2.4 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

3.1.3 连接电缆

对于移动式 X 射线装置，控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于 20m。

4.2 安全操作要求

4.2.4 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

5.1 X 射线现场探伤作业分区设置要求

5.1.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区。

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。

5.1.5 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

5.1.6 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5.2 X 射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前，运营单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

5.2.4 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托方应给予探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

5.3 X 射线现场探伤作业安全警告信息

5.3.1 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

5.3.3 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

5.4 X 射线现场探伤作业安全操作要求

5.4.1 周向式探伤机用于现场探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

5.4.1 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

5.5.1 开始现场探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

5.5.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

5.5.2 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。

5.5.3 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量率仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式剂量率仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.4 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

6.3 现场探伤的分区及检测要求

6.3.1 使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

6.3.2 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

6.3.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家

法规和运营单位制定的指导水平。

6.3.5 探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

(3)《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)(2013 年修订版)

一般要求

4.1 所有危险废物产生者和危险废物经营者应建造专用的危险废物贮存设施，也可利用原有构筑物改建成危险废物贮存设施。

4.3 在常温常压下不水解、不挥发的固体危险废物可在贮存设施内分别堆放。

4.4 除 4.3 规定外，必须将危险废物装入容器内。

4.7 装载液体、半固体危险废物的容器内须留足够空间，容器顶部与液体表面之间保留 100mm 以上的空间。

(4)《危险废物收集贮存运输技术规范》(HJ2025-2012)

6 危险废物的贮存

6.4 贮存危险废物时应按危险废物的种类和特性进行分区贮存，每个贮存区域之间宜设置挡墙间隔，并应设置防雨、防火、防雷、防扬尘装置。

6.8 危险废物贮存单位应建立危险废物贮存的台账制度，危险废物出入库交接记录内容应参照本标准附录 C 执行。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

广西贵港焱焱船舶代理有限公司位于广西桂平市长安工业集中区（广西焱焱机械有限公司内），公司地理位置详见图 8-1。

公司设置有设备室和洗片室，工业 X 射线探伤机无检测任务时暂存于公司设备室。

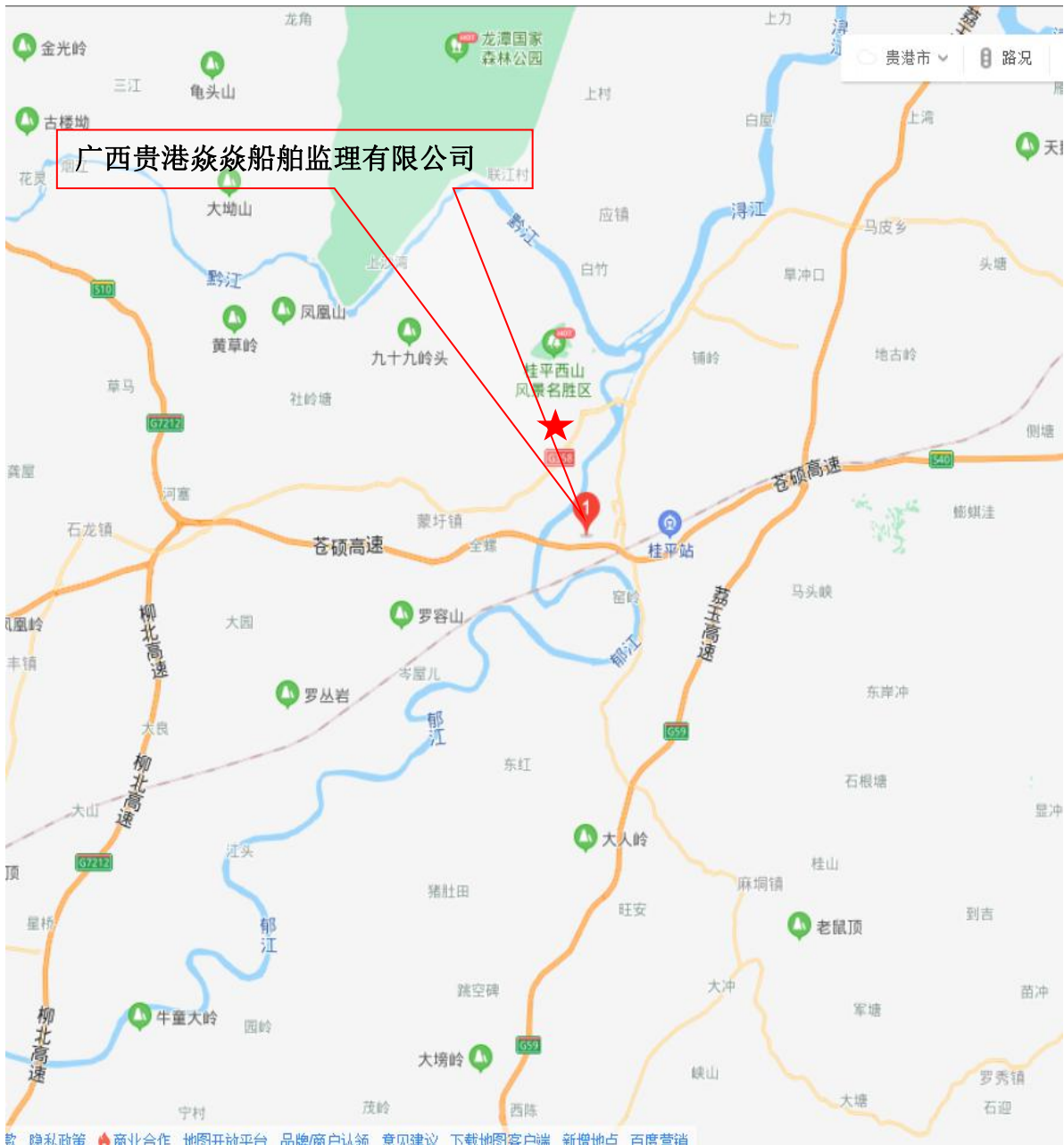


图 8-1 广西贵港焱焱船舶代理有限公司地理位置图

8.2 环境现状评价的对象

本项目工业 X 射线探伤项目，污染因子为 X 射线，因此，环境现状评价的对象为 X~ γ 辐射剂量水平。

8.3 环境质量和辐射现状

根据建设单位提供资料可知，本项目工业 X 射线探伤项目建成后将用于广西范围内的内河船厂现场探伤。建设单位在各地进行现场探伤作业时，各探伤工作场所的辐射环境本底即为广西当地辐射环境水平。根据《中国环境天然放射性水平》（国家环境保护局，1995 年 8 月）中的数据，广西原野剂量率范围值为 10.7-238.7nGy/h（已扣除宇宙射线响应，下同）、道路 γ 剂量率范围值 7.1-267.0 nGy/h、室内 γ 剂量率范围值 11.0-304.3 nGy/h。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

本项目拟购置 XXG-2505 型丹东 XXG 系列便携式 X 射线探伤机，为携带式探伤机，适于流动性检验或大型设备的室内外探伤。主要由智能控制器、X 射线发生器、电源电缆、连接电缆以及附件组成。其中控制器由前面板、侧面板以及内部电路等部分组成，X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表和冷却风扇等组成。根据厂家提供资料，本项目拟使用探伤机设备外观及组成详见图 9-1 所示，结构组成见图 9-2，相关设备参数见表 9-1。



图 9-1 探伤机设备外观及组成示意图

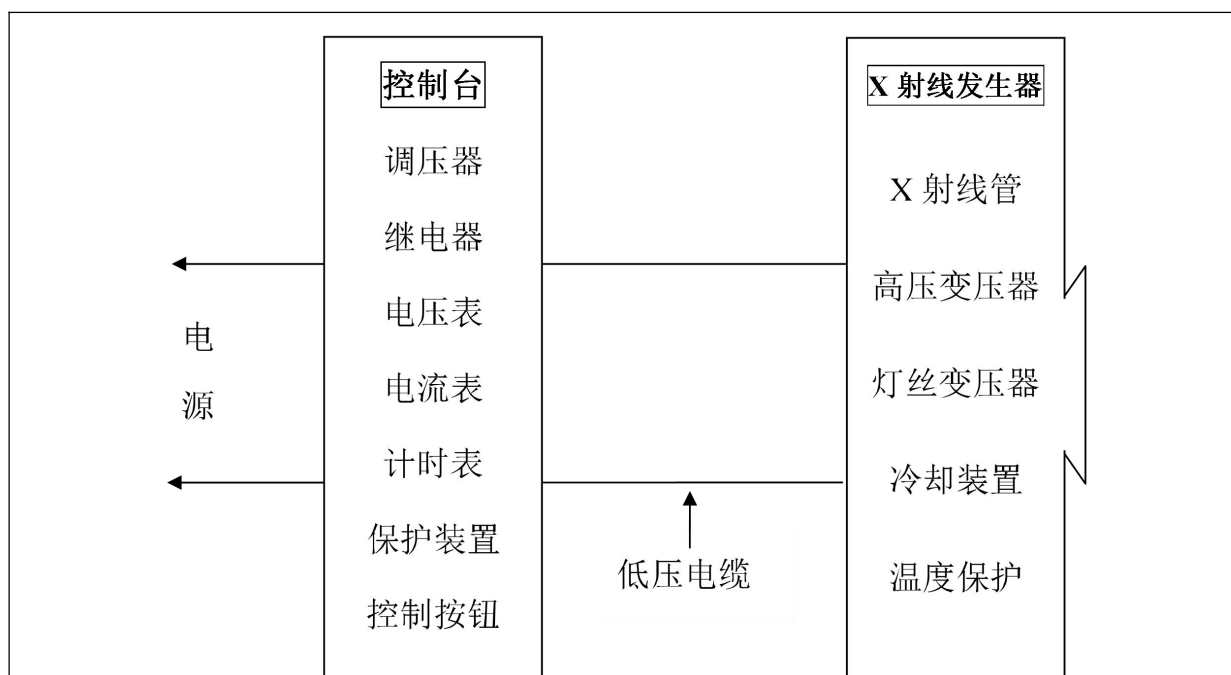


图 9-2 工业 X 射线探伤机结构示意图

表 9-1 本项目拟使用 X 射线探伤机主要参数一览表

X 射线源	1 个250kV X射线管（最大管电压250kV，额定管电流5mA）
辐射剂量	滤过条件3mm铝；距靶点1m 处主射束剂量： $4.17 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$ ($13.9\text{mGy}/(\text{mA} \cdot \text{min})$)；距靶点1m 处X 射线管组装体的泄露辐射剂量率： 2.5mGy/h ；
准直器	1mm 厚铅，喇叭口锥体型。
X 射线辐射角度	不大于 40° 。
连接电缆长度	25m
最大穿透厚度	40mm 厚钢板

9.1.2 工作原理

在工业探伤上，产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，X 射线管结构示意图见图 9-3。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这

些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

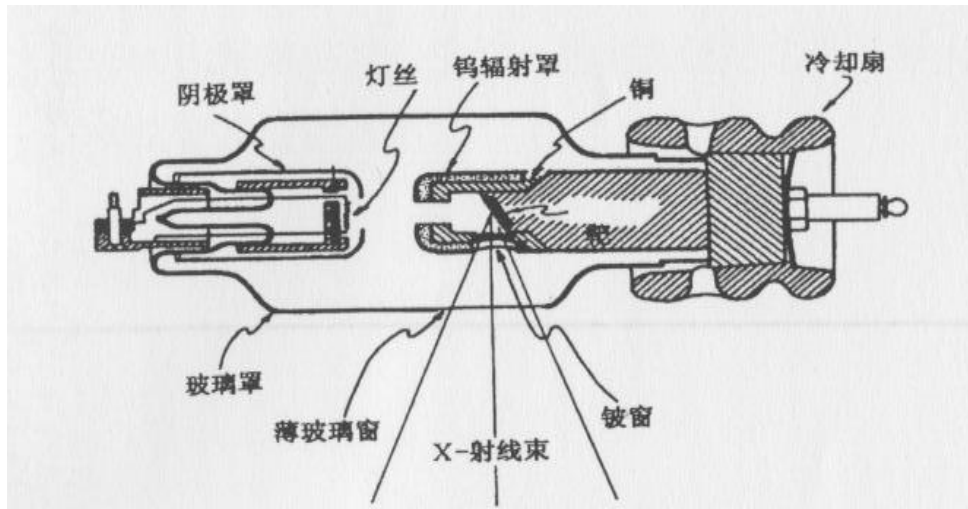


图 9-3 X 射线管结构示意图

X 射线探伤是利用射线透过被检验物质来发现其中是否有缺陷。射线的穿透能力与被检材料的厚度有关，射线在被检物质中经过的路径越长被吸收得越多，穿透被检物质的射线照射在感光材料（胶片）上，通过胶片的感光程度可准确地判断被检物质缺陷的位置和程度。工业 X 射线探伤原理示意图见图 9-4。

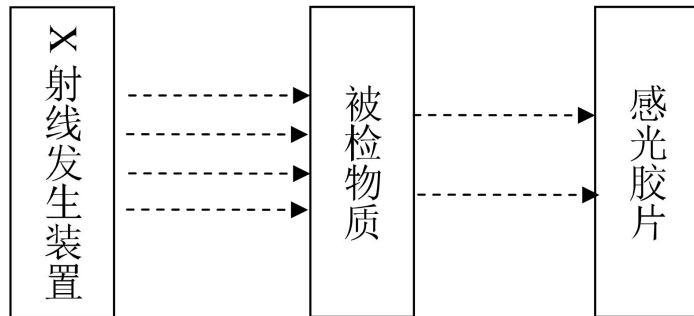


图 9-4 工业 X 射线探伤原理示意图

9.1.3 操作流程

1、现场探伤工作流程

本项目 X 射线探伤作业在委托方探伤工地进行，本项目流程图见图 9-5，工作流程具体如下：

- (1) 根据委托方递交的检验委托单、检验图纸和相关要求。

(2) 接到任务的工作人员开展探伤作业前的准备工作，根据委托方要求以及受检工作特点确定使用设备，并根据该设备曝光曲线，初步确定X射线检测的具体参数，同时与委托方协商探伤工作地点和探伤时间，对探伤现场工作环境进行全面评估，确定初步的控制区和监督区范围、制定作业计划，并绘制现场控制区和监督区分区示意图，确定所需的辐射防护用品种类及数量，以保证实现安全操作。

(3) 本单位探伤班组人员根据探伤计划办理探伤机借用手续并填写出库记录，领取足够的现场探伤所需防护用品，如便携式X- γ 辐射剂量率监测设备，个人剂量报警仪，手持式大功率喊话器，黄色反光警戒线，照明设备，“禁止进入X射线区”、“无关人员禁止入内”警告牌，提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置等。

(4) 公司配备专用车辆将探伤机运至探伤现场，每车至少安排1名操作人员随车押运。

(5) 探伤机运至项目地后，公司工作人员熟悉作业地点、工作条件和被检工件的基本信息。作业前在检测区域以及周边张贴射线作业通知(作业时间、作业地点等事项)，同时利用广播(或手持大功率喊话器等)通知射线作业场所和时间。

(6) 本项目工作人员将X射线探伤机放置在指定的拍片地点。根据作业计划和分区示意图初步划定现场控制区、监督区。在控制区和监督区拉设警示带并在合适位置悬挂警示标志。

(7) 对探伤现场进行清场，确保场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，连接好X射线探伤机控制部件，并检查气压、冷却风机是否正常。在工件上贴好胶片，对准位置，调好焦距，将“管电流调节”、“管电压调节”旋钮逆时针转到初始极限位置(最小管电压和管电流)。探伤工作人员远距离(至少23m)操作探伤机。本项目探伤机控制器上设计有自动训机功能和延时曝光功能，设备操作人员设置并启动自动训机功能键后退至安全区域内等待，设备进入训机状态，语音提示“训机开始”，从低千伏值一点一点地往高训，当训到最高值后结束，待训练指示灯熄灭后，训机结束，进入工作待命状态。

(8) 设备操作人员在控制台设置试曝光条件，采取延时曝光的方式进行试曝光。本项目辐射安全监督人员携带个人剂量报警仪和辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行

巡测，验证和修定，必要时重新确定控制区和监督区边界。如果不能满足“二区”设置要求，尽可能采取调整曝光方向、增加铅版屏蔽等措施缩减二区范围。若采取上述措施后仍无法满足“二区”设置的剂量率要求，停止工作，采取错时作业模式（现场无无关人员）时再进行探伤。

（9）核实“二区”设置满足要求后，并再次确认控制区内无关人员已全部清理离场，采取延时曝光（延时时间按现场情况一般为1-5min）方式开进行现场探伤作业，在工作电压下曝光3-5min。当现场探伤透照工艺和工件规格发生变化时需要重新划定控制区与监督区，重新测量控制区和监督区的实际的剂量当量率，并记录。达到预定照射时间和曝光量后关闭探伤机，每次探伤机曝光与休息时间严格按照1：1 执行。

（11）现场探伤作业完成后，本项目探伤工作人员携带个人剂量报警仪和辐射巡测仪经确认探伤机关机后，进入控制区，收回X 射线探伤机，取下胶片，曝光结束，探伤工作人员解除警戒，清理现场。

（12）探伤任务结束，本单位探伤班组人员将借出的X 射线探伤机及防护用品等归还，办理归还手续并记录。将现场监测记录存档备查。

（13）工作人员把胶片在暗室中按规定程序进行洗片（具体见洗片工作流程）得到可供观察评定的底片。工作人员将底片置于专用的底片观察灯上观察，根据底片上黑度变化的影像情况判断工件焊接质量，存在的缺陷种类、大小、形状、数量等，出具检测报告。

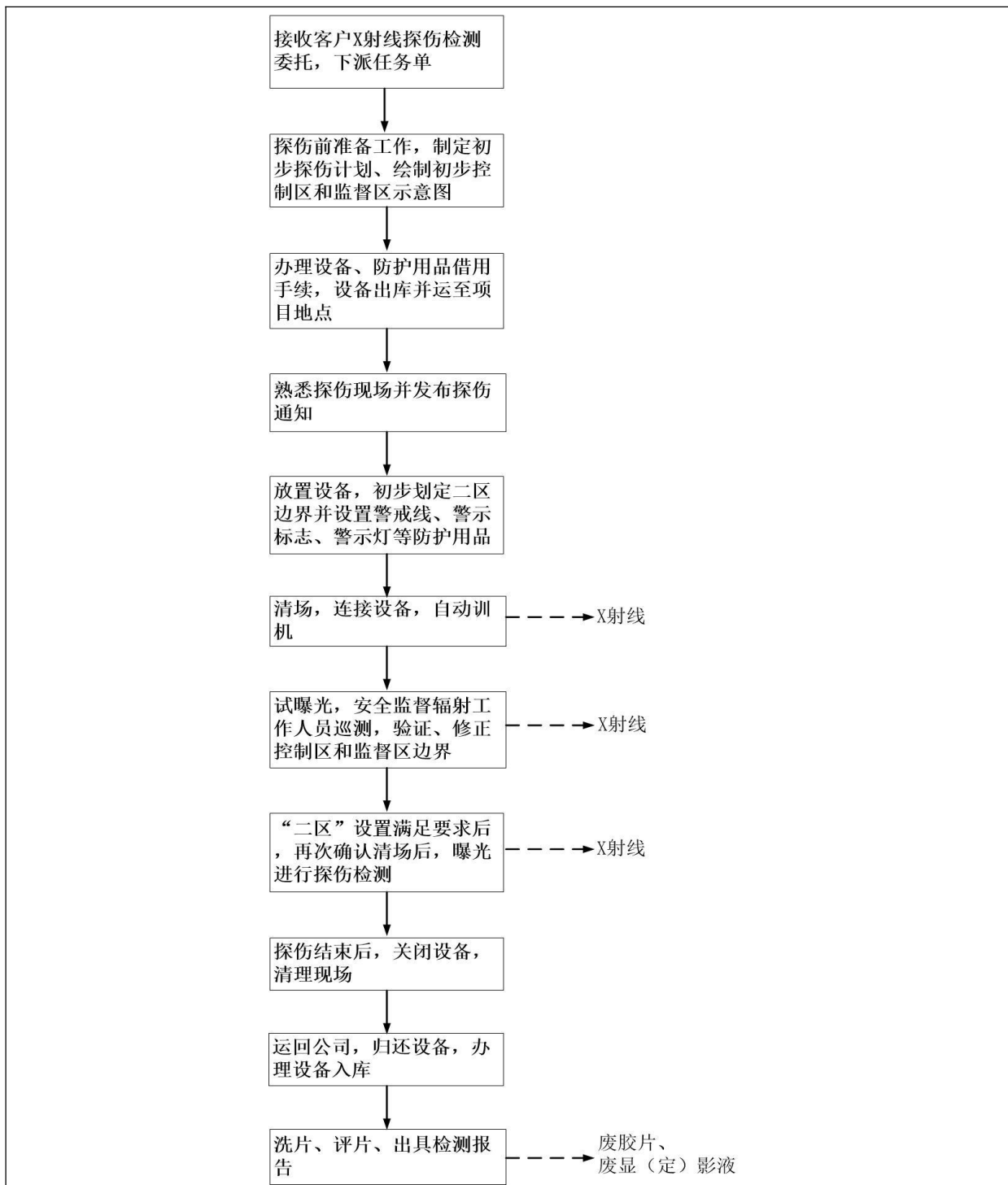


图9-5 本项目X 射线探伤机现场探伤工作流程及产污环节示意图

“2、训机、曝光曲线制定工作流程

若探伤机初次使用或长时间不用需要先进行训机，训机过程产生 X 射线。每台 X 射线探伤机使用之前应制作相应的曝光曲线，并定期对曝光曲线进行校验。新购或大修

后的设备应重新制作曝光曲线，曝光曲线制作过程也产生 X 射线。根据建设单位提供资料，一般情况下，X 射线探伤机首次购买后以及返厂维修后，设备均由厂家进行训机和制作曝光曲线。

设备长时间不用后一般在野外现场探伤时进行训机和制作曝光曲线。

根据厂家提供资料，本项目拟使用探伤机均设有自动训机。每次现场探伤时，设备开机自检后进行训机。设备系统根据记忆的管头停用时间判断是否需要自动训机，停用时间不到 48 小时不进行自动训机，停用 48 小时以上、120 小时以下进行短训机。超过 120 小时进行长训机。系统判断管头停用超过 48 小时，则系统将自动进行强制性训机。启动自动训机功能键后设备进入训机状态，语音提示“训机开始”，从低千伏值一点一点地往高训，当训到最高值后结束，整个训机过程中训练指示灯（红）常亮，射线警示灯闪动。待训练指示灯熄灭，设备发出特定蜂鸣提示声音后，训机结束。

3、洗片工作流程

本项目洗片室主要设置在公司办公场所。公司在桂平、平南及周边地区现场探伤照射后的胶片均由检测辐射工作人员当天放入暗袋运回公司洗片室洗片。对于桂平、平南及周边地区以外的检测项目，则由检测人员直接在项目所在地的临时洗片室进行洗片。具体洗片工作流程如下：

①检测前配制化学试剂：遵照化学试剂制造商包装上的说明和配方，按说明书规定的温度配置好化学药剂。

②检测后，将照射过的暗袋带至暗室，在无可见光只有暗室安全红灯的情况下，拆开暗袋，取出胶片放入洗片夹。从取出胶片直至定影操作结束，以下所有操作过程都必须在暗室环境下进行。

③显影：将带胶片的洗片夹依次放入显影槽（容器）内，视放置位置，保证胶片之间的间隔至少为 12.7mm，不要多放。正常显影在 20℃时为 5~8 分钟。显影过程中，最好是一分钟内将胶片作水平和垂直方向搅动数秒钟。

④停影：在显影结束后，将洗片夹重显影槽内取出，放入流动清水中去除胶片上附着的残留显影液。

⑤定影：将停显后的胶片立即放入定影槽内，胶片在定影液中不得互相接触，为保

证均匀而快速的定影，胶片在刚浸入定影液时，以及一分钟后，均应作上下方向的搅动约 10 秒钟，然后让其在定影液中浸渍到定影结束。定影时间至少为达到底片通透时间的两倍，但对于刚配制不久的定影液，定影时间不得超过 15 分钟。

⑥冲洗：定影完成后，将洗片夹从定影槽中取出，放置在流动水中冲洗 20~30 分钟。

⑦润湿和干燥：冲洗完成后，可把胶片浸入润湿剂中约 30 秒。然后将胶片从洗片夹中取出，通过悬挂或其他方式将胶片在环境温度的静止空气或循环空气下进行干燥。

显影液或定影液经过一定数量的胶片处理后，其洗片性能将下降，此时应配置新液以替换旧液。废液应倒入专用危废暂存桶内暂存。本项目固定洗片室和临时洗片室选均拟设置满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）（2013 年修订版）和《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-20012）相关要求的危废暂存间，废显（定）影液和废胶片分类收集后分区暂存于废物暂存桶内，最终交由有资质单位回收处置。

9.2 污染源项描述

由工业 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生、消失。因此，公司拟使用的工业 X 射线探伤机在关机状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。在对工件进行探伤时，X 射线经透射、反射，对作业场所及周围环境产生辐射影响。因此，在开机期间 X 射线成为污染环境的主要因子。

本项目 X 射线探伤过程不产生放射性三废。

（1）正常工况

正常使用情况下，主要为 X 射线探伤机出束（包括训机、试曝光、曝光作业）时产生的 X 射线，X 射线经透射、漏射和散射，对作业场所及其周边环境产生辐射影响，污染途径为外照射。

（2）事故工况

①设备故障：进行现场探伤作业时，探伤机延时曝光功能故障，工作人员还未撤离至安全区域即已曝光；或控制系统失灵，X 射线无法停束，异常曝光对工作人员造成

不必要的照射；

②人员误照：进行现场探伤作业时，控制区或监督区警戒线、电离辐射警示标志(牌)等脱落或不清晰或现场巡视人员未及时发现无关人员误入等原因，造成人员误入监督区或控制区，使人员受到不必要的照射。

③在不适合探伤的场地实施现场探伤，对公众或工作人员造成不必要的照射。

④X 射线探伤机被盗，不了解 X 射线机性能的人员开机不当使用，对周边人员造成不必要的照射。

事故工况下，X 射线为污染因子，污染途径为外照射。

(3) 非放射性污染

由于本项目使用 X 射线探伤机曝光时产生的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，但本项目产生的臭氧量很小且现场探伤不是在密闭的场所内，室外空气流通可使系统产生的少量臭氧和氮氧化物浓度迅速降低，因此产生的臭氧和氮氧化物的环境影响可以忽略不计。

本项目在探伤作业使用胶片照相时，需对拍摄的感光片进行显(定)影，在此过程产生的一定数量的废显(定)影液及废胶片。根据建设单位提供资料，本项目 2 台探伤机年拍片量约为 3000 张，现场探伤废片率约为 5%，故年废胶片产生量大约 150 张(约 1.5kg)，废显(定)影液产生量约为 150L。查《国家危险废物名录》可知，公司产生的废显(定)影液及废胶片属 HW16 感光材料废物，需按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)(2013 年修订版)和《危险废物收集贮存运输技术规范》(HJ2025-20012)相关要求收集并暂存并最终交由有资质单位回收处置。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 现场探伤工作场所分区管理

为加强辐射源所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的相关要求，本项目将 X 射线探伤工作场所划分为控制区和监督区，实施分区管理。

接受探伤任务后，射线探伤工作人员根据委托方受检工件特点、工作地点、探伤时间、探伤现场工作环境等制定作业计划并绘制初步现场控制区和监督区分区示意图。

探伤作业前将无关人员清离出场，公司射线探伤班组人员根据作业计划和初步的控制区和监督区分区示意图划定控制区和监督区边界，试曝光后通过巡测控制区、监督区边界的剂量率以证实边界设置正确，必要时调整控制区和监督区的范围和边界。控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，边界上设置明显的警戒线，应有清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌，设置有提示“预备”信号和“照射”信号声光报警装置，确保在控制区所有边界能清楚听到或看见“预备”信号和“照射”信号。探伤期间专人在边界巡逻、看守，探伤时严禁任何人员在此区域内活动。监督区位于控制区外，监督区边界外空气比释动能率应低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，边界处应有电离辐射警告标志牌和“无关人员禁止入内”的标牌，公众不得进入该区域。

建设单位应对每个工地探伤工作场所划分为控制区、监督区，并实行“分区”管理制度。本项目控制区和监督区划分见表 10-1。

表 10-1 探伤工地“两区”划分与管理

探伤现场	控制区	监督区
“两区”划分范围	剂量率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围，可根据当地实际情况设置控制区	剂量率在 $2.5\mu\text{Sv/h}\sim 15\mu\text{Sv/h}$ 之间的范围，根据野外、工地等探伤的地形、建筑物实际情况确定
辐射防护措施	人员不能在该区域停留，设置明显的警戒线，并设置明显的电离辐射标志，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线探伤区”警示标志	监督区，设置电离辐射警示标识和警示标语，限制公众在该区域滞留，边界处悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置专人巡视

由表 10-1 可知，公司工业 X 射线探伤机现场探伤时的控制区、监督区划分及现场探伤管理符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的相关要求。

10.1.2 辐射安全与防护措施

10.1.2.1 X 射线探伤机自带辐射安全与防护措施

（1）控制台

本项目拟使用探伤机控制台设置了以下辐射安全措施：

①设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压和照射时间选取及设定值显示装置。

②设置有高压接通时的指示装置即射线发生指示灯。

③设置有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

④设置有紧急停机开关即停高压按钮。

⑤设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

⑥设置了延时曝光功能，延时时间可自行设定，一般为 3-5min，不大于 10min，便于探伤机操作人员及时撤离至安全区域，避免受到不必要的照射。

⑦设置自动训机按钮和训机指示灯。

⑧设置了警示信号灯与探伤机联锁。

本项目拟使用探伤机控制台设置的防护措施基本符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中的相关要求。

（2）连接电缆

本项目控制器与 X 射线发生器的连接电缆为 25m，探伤机操作人员远距离操作，可有效减少工作人员受照剂量。

10.1.2.2 辐射安全管理措施

（1）公司成立了以卢鹏为组长，邹悦祥为副组长，彭建煌、王白祥、杨显志、吴理毅为成员的辐射安全与防护管理领导小组（见附件 2），全面负责公司的辐射安全和防护管理工作。

（2）公司制定了《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《X

射线探伤机辐射安全操作及维护保养规程》、《辐射工作场所周围检测评价制度》、《辐射工作人员个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射工作人员职业健康管理》、《辐射事故应急预案》、《射线装置使用和维修台账管理制度》、《危险废物处置措施》等规章制度，确保本项目安全开展。

(3) 本项目所有辐射工作人员在进行现场探伤作业前均将参加生态环境部辐射安全与防护培训平台的学习、培训和考核，确保做到持证上岗。同时，公司从事射线探伤操作的辐射工作人员上岗前均需取得无损检测人员资格证书并通过公司内部的辐射安全与防护培训，确保本项目的安全开展。

10.1.3 公司现场探伤拟采取的辐射防护措施

X 射线基本防护原则是远离 X 射线并加以必要的屏蔽。对外照射的防护方法有源项控制、距离防护、屏蔽防护和时间防护。本项目现场探伤时拟采取的辐射防护措施如下：

(1) 源项控制

本项目的 X 射线探伤机对产生的 X 射线用屏蔽套屏蔽，射线装置泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值。且每台 X 射线装置均装有准直器（辐射角 40°），使装置发射的线束尽量减小，以减少辐射影响。同时建设单位在确保产品质量的前提下，根据工件满足的实际质量要求制定最优化的探伤方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以减小不必要的照射。

(2) 距离防护

本项目现场探伤通过划分监督区和控制区，实施分区管理。根据探伤计划初步进行“二区划分”后，试曝光时探伤作业人员携带个人剂量报警仪、个人剂量计、直读剂量计和辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行巡测，验证和修定，必要时重新确定控制区和监督区边界。监督区和控制区边界均设置防护隔离警戒线，确保控制区范围内没有工作人员，并禁止无关人员进入监督区。曝光时探伤作业人员佩戴个人剂量报警仪、个人剂量计、辐射监测仪、铅衣、铅帽等防护用品在探伤机控制区外巡测；控制台操作人员如果探伤机连接电缆长度不够，采取延时曝光操作，一般最长可设定 9.9min 延时时间，确保操作人员有足够时间退至控制区距离外的安全区域内。

(3) 屏蔽防护

①现场探伤时应根据现场实际情况使 X 射线探伤机的有用线束方向避开最近的敏感点，同时使其他敏感点也处于监督区范围之外。充分利用工作现场的各种材料进行遮挡屏蔽，如金属构件、设备及构筑物等进行防护。

②公司拟配备厚度为 4mm 100cm×100cm 移动铅板 2 块，用于 X 射线探伤机主射方向的辐射屏蔽，能有效减少 X 射线辐射影响。

(4) 时间防护

①熟练操作：探伤人员熟练操作可尽可能地缩短照射时间，减少重复照射的几率。本项目辐射工作人员上岗前均需取得无损检测人员资格证书并通过公司内部的辐射安全与防护培训，熟悉现场探伤操作规程，且每次探伤作业前，探伤班组辐射工作人员均提前制定探伤计划，做好充分准备，操作时力求熟练、迅速。如果工作量大，工作人员需在强辐射场内进行工作应采取轮流、替换的办法，严格限制每个人的操作时间，将每个人所受照的剂量控制在规定的限值以内。

②优化曝光时间：在确保产品质量的前提下，在每次使用探伤机进行探伤之前，根据工件满足的实际质量要求制定最优化的探伤方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间。

③合理选择探伤时间：如果工程区域周围有人群等敏感目标，作业时间尽量避开人员活动频繁时段，选择在其他人员已下班、周边活动人员较少的时候（如夜晚）进行探伤作业。

10.1.4 其他辐射防护措施

(1) 公司拟委托有资质单位对所有辐射工作人员开展个人剂量监测，并建立个人剂量检测档案。

(2) 公司拟配备便携式辐射监测设备 2 台，配备个人剂量报警仪 4 个，大功率手持式喊话器 2 个，配备足够数量的黄色反光警戒线。所有辐射安全与防护用品均由专人保管和定期维护，确保能正常使用，领取和归还需办理相关登记手续。

接受现场探伤任务后，探伤组人员制定探伤计划和绘制初步“二区”范围图，并领取足够的辐射防护用品。现场探伤时每组至少领取 1 台便携式剂量率仪，并根据“二区”

范围图领取合适长度的黄色反光警戒线和足够数量的电离辐射警示标志（约 50m 悬挂一个），“禁止进入射线探伤区”警示标志以及“无关人员禁止入内”警告牌。每个组员均需配备现场对讲装置 1 套，个人剂量报警仪 1 台、个人剂量计 3 个，并正确佩戴。

开始探伤工作之前，辐射工作人员应对便携式剂量率仪进行检查，确认便携式剂量率仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式剂量率仪应一直处于开机状态，班组人员应时时观察便携式剂量率仪显示的数值，以防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。在试运行（或第一次曝光）期间，利用便携式剂量率仪测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。若控制区边界剂量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，则调整控制区的范围和边界并再次确认，直至边界剂量率小于 $15\mu\text{Sv/h}$ 。

（3）公司拟配备照明设施，工作期间将尽量利用现场现有照明设施及公司配备的照明设施，使控制区的范围清晰可见且有良好的照明，确保没有人员进入控制区。若控制区太大或某些地方不能看到，将安排辐射工作人员进行巡查。

（4）公司拟配备足够“禁止进入 X 射线区”和“无关人员禁止入内”警告牌以及提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号用不同颜色进行区别。

（5）在控制区的边界设置警戒线，悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，设置“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和“无关人员禁止入内”警告标语等提示信息。

（6）公司 X 射线探伤机与控制台之间电缆线长 25m，公司现场探伤作业时，操作位应选在有用线束反方向位置，使辐射工作人员工作位置避开有用线束方向且处于控制区外。

（7）X 射线探伤机无探伤任务时存放在公司办公所设备室内。X 射线探伤机与设备高压电缆等分开存放，存储场所拟设置防盗门、双人双锁、视频监控、灭火器等防火、防盗措施，需借出使用时，办理借用手续并记录，使用后及时归还，办理归还手续并记录。在工地探伤任务期间，未进行探伤时，由专人对探伤机进行保管。

（8）进行射线作业时会将现场所有与射线作业无关的人员全部清理离场，然后广播或喊话器、喇叭等设备通知，同时探伤工作人员在警戒线边界看护和巡测，确保没有

人员进入控制区，无无关人员进入监督区。

综上所述，公司 X 射线探伤机现场探伤采取的辐射安全与防护措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的相关要求。

三废的治理

本项目 X 射线探伤机使用过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

由于本项目使用X射线探伤机曝光时产生的X射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，但本项目产生的臭氧量很小且现场探伤不是在密闭的场所内，室外空气流通可使系统产生的少量臭氧和氮氧化物浓度迅速降低，因此产生的臭氧和氮氧化物对大气环境影响较小。

本项目在探伤作业使用胶片照相时，需对拍摄的感光片进行显（定）影，在此过程产生的一定数量的废显（定）影液及废胶片。根据建设单位提供资料，本项目2台探伤机年拍片量约为3000张，现场探伤废片率约为5%，故年废胶片产生量大约150张（约1.5kg），废显（定）影液产生量约为150L。根据《国家危险废物名录》，公司产生的废显（定）影液及废胶片为感光材料废物，属于危险废物，危废编号为HW16。本项目洗片室主要设置在公司办公场所。公司在桂平及周边地区现场探伤照射后的胶片均由检测辐射工作人员当天放入暗袋运回公司洗片室洗片。对于桂平市及周边区域以外的检测项目，则由检测人员直接在项目所在地的临时洗片室进行洗片。本项目产生的废显（定）影液和废胶片分类收集后分别暂存于固定洗片室或临时洗片室的废物暂存桶内置于洗片室的危废暂存间内，最终交由有资质单位回收处置。危废暂存间按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）（2013年修订版）和《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-20012）相关要求建设，拟采取以下措施：

①建立危险废物产生、外运、处置及最终去向的详细台账，并按照《危险废物转移联单管理办法》的要求做好危险废物转移联单填报登记工作。

②危废暂存间按GB15562.2的规定设置警示标志。

③危废间暂存点地面、接缝处、裙角应重点防渗，本项目将废显影液及废定影液等废物暂存桶内，防止废显影液及废定影液渗漏。

④建设单位与具有相应危险废物资质的单位签订处理协议，并报于当地生态环境局备案，将本项目产生的各类危险废物交具有相应资质的危险处理单位处置，建设单位严禁将产生的危险废物与一般工业固体废物混合处置，严禁将危险废物交由不具备相关危险废物处置单位处置。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

工业 X 射线探伤机只有在检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失，因此，在建设期这些探伤机对环境无辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。建设期该项目不会对工作人员及周围公众产生辐射影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 分区管理要求

由《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 可知，X 射线现场探伤控制区边界剂量当量率 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

本次预测 X 射线探伤机的辐射环境影响时，主要根据不同受检工件厚度估算有用线束方向和非有用线束方向的控制区和监督区范围，并按照无任何防护用品屏蔽措施和有屏蔽防护两种情况分别进行估算，给建设单位实际现场探伤操作时提供两区划分的参考距离，估算示意图见图 11-1。

估算时有用线束方向的控制区和监督区范围分别根据不同受检工件厚度和按最大管电压、管电流出束条件下的有用线束辐射剂量率进行计算，有用线束方向之外区域按泄漏辐射进行估算。

控制区与监督区距离计算公式如下：

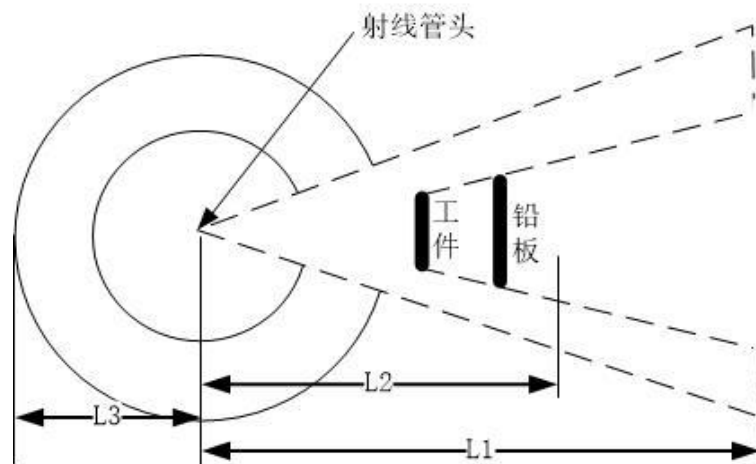
$$L = \sqrt{\frac{H \times B}{H_c}} \dots\dots (11-1)$$

式中：

B—屏蔽物质的透射系数；

H—探伤机有用线束方向 1m 处的剂量率或泄漏辐射剂量率，根据《工业 X 线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 查表及设备厂提供资料限值；

H_c—相应边界的控制剂量率，根据工业 X 线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)，控制区边界剂量率取 15 $\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界控制剂量率取 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。



L1——有用线束方向没有任何衰减时要求的边界距离；
 L2——有用线束方向，经检测对象及屏蔽铅板屏蔽后的边界距离；
 L3——有用线束方向以外的边界距离。

图 11-1 “二区”距离估算示意图

屏蔽物质的厚度与辐射屏蔽透射 B 的关系如下：

$$B=10^{-X/TVL} \dots\dots (11-2)$$

式中：

X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；本项目最大探伤工件厚度为 14 mm 钢，相当于 1mm 铅（《辐射防护手册 第三分册 辐射安全》表 3.4 中，200kV、300kV 条件下，12mm 铁相当于 1mm 铅）。

TVL—屏蔽材料的什值层，根据《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 B，表 B.2 可知，铅的什值层为 2.9mm；

从偏安全角度考虑，检测工件均按单层厚度进行计算。考虑散射影响，非主射区域按 2 倍安全系数计算，参考控制区和监督区距离估算结果见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤机现场探伤控制区与监督区距离估算结果

探伤工件 厚度	有用线束方向屏蔽物质 (铅板)	总屏蔽 厚度	位置	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)
6-10mm 钢	4mm 铅	4mm 铅	控制区	527	108	26
			监督区	1291	264	63
14mm 钢	4mm 铅	5mm 铅	控制区	527	72	26
			监督区	1291	177	63

由表 11-1 估算结果可知，本项目进行现场施工作业时，若不采取任何屏蔽防护的情况下，主线束方向控制区范围为 527m，监督区范围在 1291m；非有用射束方向控制区范围最大约为 26m，监督区最大约为 63m。主线束方向控制区和监督区理论计算范围较大，可操作性不强，作为现场作业时分区距离参考意义不大。经采取铅板等屏蔽措施后，控制区和监督区距离大大缩小，控制区范围缩小为 108m，监督区范围缩小为 264m，具有可操作性。

上述理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的改变、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的变化以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平变化，从而改变控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的要求：在第一次工作开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界；在第一次工作期间，借助辐射测量仪进行检测，将作业场所中周围剂量当量率在 15 μ Sv/h 以上的范围内划为控制区，控制区边界外剂量当量率在 2.5 μ Sv/h 以上的范围内划为监督区。

公司在进行 X 射线探伤过程中应注意对控制区和监督区的管理和控制，建议公司探伤时在探伤区域四周，放置大型待测工件或对 X 射线探伤机附加一定的防护装置如准直器、限束筒、活动防护罩、防护铅挡板等或采取其他防护措施，在主射线方向待探伤钢板后垂直放置约 100cm \times 100cm 铅板（4mmPb），限制射线束中的有用及无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区和监督区的范围。

11.2.2 人员受照剂量估算

1、剂量估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式估算：

$$E = \dot{H}_T \times t \times 10^{-6} (mSv) \quad (11-3)$$

其中：E 为辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

\dot{H}_T 为周围辐射剂量当量率，nSv/h；

t 为辐射照射时间，小时。

2、职业人员受照剂量估算

从偏安全角度考虑，按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）分区管理要求来估算职业人员受照剂量。在进行现场探伤作业时，假设每次一组 3 人完成现场探伤工作，每组每年拍片量为 3000 张，每张片曝光时间平均按 3min(含训机时间)计。现场探伤时，1 人站在控制区边界上（周围剂量当量率控制在 $15\mu\text{Sv/h}$ ），另外两人在监督区边界外进行巡逻（周围剂量当量率控制在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。3 人轮流进行操作。根据公式 11-3 以及上述参数，可估算出平均每人的年附加有效剂量约为 0.88mSv 。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“管理限值”的要求，符合本次评价职业照射年剂量管理约束值要求（ 5mSv ）。

3、公众成员受照剂量估算

X 射线探伤作业严格按照生产调度安排的时间进行，一般安排在深夜至凌晨，探伤作业前先清场，并划分控制区及监督区，一般的公众成员不允许进入，公众成员不会因为该项目运行受到额外附加的照射。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.3 探伤机训机、维修过程辐射影响分析

根据建设单位提供资料，本项目探伤机初次使用或长时间不用需要先进行训机，训机过程产生 X 射线。一般情况下，X 射线探伤机首次购买后以及返厂维修后，设备均由厂家进行训机和制作曝光曲线。设备长时间不用后一般在野外现场探伤时进行训机和制作曝光曲线。

本项目探伤机均设有自动训机。每次现场探伤训机时，均参照现场探伤工作流程，在探伤前进行初步控制区和监督区划分，在相应边界设置警戒线，悬挂警示标牌，设置“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，安排专人巡视等辐射安全与防护措施。操作人员实行远距离和延时曝光操作，训机出束时，人员均退至安全区域内，且训机时间很短。根据受照剂量估算结果可知，在考虑了训机、探伤的曝光时间后，本项目辐射工作人员和公众的剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也低于相关的剂量约束值。

本项目 X 射线探伤机维修均需返厂，由厂家进行维修，本项目无维修过程的辐射影响。

11.2.4 臭氧及氮氧化物辐射影响分析

本项目 X 射线探伤机现场探伤时，X 射线与空气相互作用会产生微量的臭氧及氮氧化物。因现场探伤场所不密闭，臭氧及氮氧化物不累积，会很快进入大气环境中，对现场探伤工作人员影响较小。

事故影响分析

公司拟用X射线探伤机均为将电能转换成X射线能的无损检测设备，X射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此，检修方便，断电状态下也较为安全，在意外情况下，可能产生的辐射事故为：

- (1) 现场探伤没有按要求确定足够的控制区，对工作人员产生误照射。
- (2) 探伤操作人员在探伤作业时未进行合理的防护而造成超剂量照射。
- (3) 现场探伤由于未按要求设置探伤警戒区域，未拉设警示绳、警示灯，鸣警铃，悬挂“禁止进入X射线区”标志，使公众人员误入照射区域受到照射。

发生以上事故，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条规定，该公司应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，以减轻事故危害后果。立即向当地生态环境行政主管部门、公安部门、卫健部门报告的同时，事故单位还应进行如下工作：

- (1) 对事故可能造成的超剂量照射，立即采取应急救援措施。
- (2) 对可能造成辐射伤害的人员，事故单位应立即将其送至放射性事故应急定点医院，进行检查和治疗。
- (3) 配合相关管理部门进行调查。禁止任何单位和个人故意破坏事故现场、毁灭证据。

事故工况下人群受照分析

根据事故分析，在进行工业X射线探伤过程中存在着超剂量照射、误照射等事故风险。X射线探伤机对人体的照射主要来自于其产生的X射线。X射线具有穿透能力强、速度快、电离密度小等特点，因此射线对人体主要危害是外照射。一般来说，剂量越大，危害就越大。人体受危害的程度与电离辐射的剂量有很大关系，不同剂量引起的危害见表11-2。但同等的剂量条件下，不同个体的机能状态不同，敏感程度差异很大，故危害程度也有所不同。

表 11-2 不同剂量引起的危害

剂量(Gy)	危害程度
0-0.25	无明显自觉症状
0.25-0.5	出现可恢复的机能变化,有血液学的改变
0.5-1.0	出现机能变化,血相改变
1-6	可出现轻、中、重度放射病
>6	可出现死亡

本评价对事故状态下人群受照情况进行估算，现假设：

1、探伤作业人员未按要求进行适当防护而受到超剂量照射

现场探伤作业进行前，须将作业场所划分为控制区及监督区，探伤作业时，操作人员应采取选择适当屏蔽体（如混凝土构件、厚壁金属构件等）防护、穿戴防护服、携带个人剂量报警仪等措施防止受到超剂量照射。

按照个人年附加有效剂量5mSv作为管理约束值，只要没有受到误照射，探伤作业人员不会受到超过管理约束值的辐射照射。

2、公众人员误入探伤作业区受到误照射

公众成员所受附加年有效剂量约束值选取0.25mSv，以公众成员进入控制区外边界及监督区外边界为例，可计算出公众人员误入该区域的年最大允许照射时间，计算结果如表11-3。

表11-3 公众误入控制区及监督区年最大允许照射时间

探伤类型	区域划分	剂量值 (μSv/h)	年最大允许照射时间 (h)
现场探伤	控制区	15	16.7
	监督区	2.5	100

因此，由于某种原因，公众人员误入正在进行X射线探伤的非安全区时，一年中允许的最大照射时间不能超过表11-3中相应的约束值，否则将会受到超剂量照射。以上计算的时间约束值为一年的累计时间，由于相同剂量的一次照射危害程度大于分次照射，因此，公众偶然一次进入最大允许的照射时间应小于年最大允许照射时间。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护部令第3号 2019年修订版）第十六条要求：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。公司成立了以卢鹏为组长，邹悦祥为副组长，彭建煌、王白祥、杨显志、吴理毅为成员的辐射安全与防护管理领导小组，明确了辐射安全管理领导小组职责，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护部令第3号 2019年修订版）的相关要求。

12.2 辐射安全管理规章制度

为加强以对放射源辐射安全和防护的监督管理，促进放射源暂存库的安全应用，保障工作人员、公众的人体健康，广西贵港淼淼船舶监理有限公司建立了《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《X 射线探伤机辐射安全操作及维护保养规程》、《辐射工作场所周围检测评价制度》、《辐射工作人员个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射工作人员职业健康管理》、《射线装置使用和维修台账管理制度》、《危险废物处置措施》等关于辐射方面的规章制度，以确保项目部开展辐射工作的安全。同时制订了辐射事故应急预案（见附件 3）。

12.3 辐射监测

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安全。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

1、辐射工作人员个人剂量监测

公司将对 6 名辐射工作人员开展个人剂量监测，监测工作要委托具有相应资质的监测机构承担，常规个人剂量监测的周期应综合考虑工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素，常规监测周期一般为 1 个月天，最长不得超过 3 个月，公司需配合委托单位及时收发个人剂量卡。个人剂量监测档案包括放射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。加强对放射性工作人员个人剂量档案、个人健

康档案的保管，要求终身保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。公司还应关注工作人员每一次的累积剂量监测结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，同时应建立并终生保存个人剂量监测档案，以备辐射工作人员查看和管理部门检查。辐射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；项目运行后公司还应当组织放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。

2、年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）的相关规定，使用射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。公司将按照辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对公司的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报生态环境主管部门。

3、竣工环保验收

公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，广西贵港焱焱船舶代理有限公司根据可能发生的辐射事故的风险，制定了本单位的应急方案，做好应急准备。发生辐射事故时，单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防护措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门、公安部门 and 卫健部门报告。

禁止缓报、瞒报、谎报或者漏报辐射事故。公司的辐射事故应急预案包括了下列

内容:

1、应急机构及其职责

公司成立辐射事故应急处理工作领导小组，领导小组成员名单如下：

组 长： 卢鹏

副组长：邹悦祥

成 员：彭建煌、王白祥、杨显志、吴理毅

2、辐射事故分级：

公司本项目辐射事故，是指射线装置失控导致人员受到异常照射的事故，属一般辐射事故。

3、公司辐射事故应急处理程序

本项目运行后，还应定期修改完善应急预案等相关规章制度，定期进行应急演练并记录。本公司一旦发生辐射事故，必须立即采取措施（首先断开设备电源，停止出束）防止事故继续发生和蔓延，并在第一时间向本单位领导小组报告，同时启动应急指挥系统，具体程序如下：

①现场处置

等待相关部门到达现场的同时，采取相应措施，使危害、损失降到最小。

若是发生射线装置失控导致大剂量 X 射线误照射，应立即进行现场救助，切断电源，以使人员损伤、环境污染降到最小，组织人力将受照人员送往医院，并同时请有资质的单位进行检测。

若是射线装置丢失、被盗，可以组织人力在单位内进行排查，进行通告，广泛引起本单位职工与公众的重视，最大限度降低危害。

②迅速报告

发生事故的单位必须立即将发生事故的性质、时间、地点、联系人、电话等报告给辐射事故应急领导小组办公室，办公室立即将情况向辐射事故应急领导中心汇报，并做好准备。

③现场控制

现场处置小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，首先采取措施保护工作人员和公众的生命安全，切断高压电源，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展，负责

现场警戒，划定紧急隔离区，不让无关人员进入，保护现场，迅速、正确判断事件性质，将事故情况报告应急中心。

④启动应急系统

辐射事故应急指挥中心接到现场报告后，立即启动应急指挥系统，指挥其他各应急小组迅速赶赴现场开展工作，后勤保障组同时进行物资准备。

⑤现场报告

根据现场情况，由本单位应急指挥中心将事故发生时间、地点、造成事故的射线装置的名称等主要情况报告。

公安局：110；生态环境局：12345；卫健局：120；有关部门以及上级行政主管部门。

⑥查找事故原因

配合上级有关部门对现场勘查以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故发生的原因，进行调查处理。将事故处理结果及时报上级行政主管部门。

⑦警报解除

总结经验教训，制定或修改防范措施，加强日常环境安全管理，杜绝类似事故的发生。

本项目运行后，还应定期修改完善应急预案等相关规章制度，定期进行应急演练并记录。

表 13 结论与建议

13.1 实践的正当性分析

广西贵港焱焱船舶监理有限公司建设工业X射线室外探伤应用项目，开展现场无损检测工作，目的是为了提升检测质量的要求。采用工业X射线无损探伤手段对设备焊接质量进行控制，在不损伤材料或装置的情况下，对其内部结构及质量进行监督，保证了制造设备的质量。工业X射线探伤机具有先进性和不可取代性，能在很大程度上改善工作条件和减轻检测人员的劳动强度，符合辐射防护“实践的正当性”原则。因此，该项目使用工业X射线探伤的目的是正当可行的。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.2 选址合理性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目中拟建的工业X射线探伤机在正常运行和事故工况下，均不会造成大量放射性物质释放。因此，对此类项目的择址国家未加明确限制。

公司在所承接的无损检测项目现场进行X射线探伤作业时，应合理安排工期，探伤作业时每一探伤点均应清场，并划分控制区及监督区作业。因此，公司工业X射线室外探伤应用项目的选址及平面布置是合理的。

13.3 辐射环境影响评价

（1）辐射环境影响现状评价

建设单位各探伤工作场所的辐射环境本底为广西当地辐射环境水平。

（2）辐射环境影响分析与预测

①预计一名工作人员因为该工业X射线室外探伤应用项目的运行而受到附加年有效剂量为**0.88mSv**。符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相应“管理限值”的要求，符合本次评价职业照射年剂量管理约束值（5mSv）要求。

②预计公众成员不会因为该项目工业X射线探伤机的运行而受到额外的附加照射，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，符合本次评价公众照射年剂量管理约束值（0.25mSv）要求。

13.4 辐射环境管理制度

(1) 为了加强项目辐射安全与环境保护工作领导，规范项目射线装置辐射安全及管理，公司成立辐射安全与环境保护管理领导小组。

(2) 公司为了加强对工业 X 射线探伤机安全和防护的监督管理，促进工业 X 射线探伤机的安全应用，保障辐射工作人员和公众的人体健康，公司制定了《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员的岗位职责》、《X 射线探伤机辐射安全操作及维护保养规程》、《辐射工作场所周围检测评价制度》、《辐射工作人员个人剂量监测制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射工作人员职业健康管理》、《辐射事故应急预案》、《射线装置使用和维修台账管理制度》、《危险废物处置措施》等辐射相关规章制度。

(3) 为应对探伤作业过程中 X 射线突发辐射事故，公司应成立应急防护行动组织，制定《辐射防护应急预案》等规章制度，明确小组人员的职责，设置辐射突发事件应急处理程序，并加强演练。

13.5 安全培训及健康管理

(1) 对所有从事辐射工作的人员进行安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

(2) 所有辐射工作人员均应进行个人累积剂量的监测并建立个人档案，每两年进行一次健康体检。

13.6 结论

综上所述，广西贵港焱焱船舶监理有限公司建设的工业X射线室外探伤应用项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施后，其配置的工业X射线探伤机项目的运行对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

建议

建议项目单位认真做好以下几项工作：

1、本项目批复后应及时办理辐射安全许可证；设备运行后，应及时开展竣工环境保护验收。

2、公司应安排所有辐射工作人员参加培训并取得辐射安全与防护培训证书，并按规定定期接受复训，做到持证上岗。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日